

## ***Gremmeniella abietina*-epidemin 2001 –**

### **Har skogen återhämtat sig?**



## **The *Gremmeniella abietina* epidemic in 2001 –**

### **Has the forest recovered?**

Lo Grönkvist Wichmann

## ***Gremmeniella abietina*-epidemin 2001 – Har skogen återhämtat sig?**

The *Gremmeniella abietina* epidemic in 2001 – Has the forest recovered?

*Lo Grönkvist Wichmann*

**Handledare:** Elna Stenström, SLU.  
Institutionen för skoglig mykologi och växtpatologi.

**Examinator:** Annika Djurle  
Institutionen för skoglig mykologi och växtpatologi.

**Omfattning:** 30 hp

**Nivå och fördjupning:** Avancerad D

**Kurstitel:** Självständigt arbete i Biologi - magisterarbete

**Kurskod:** EX0564

**Program/utbildning:** Jägmästarprogrammet

**Utgivningsort:** Ultuna

**Utgivningsår:** 2011

**Omslagsbild:** Lo Grönkvist Wichmann

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** *Gremmeniella abietina*, *Pinus sylvestris*, tall, tillväxt, kronutglesning, mortalitet, gallring, gödsling.

**Keywords:** *Gremmeniella abietina*, *Pinus sylvestris*, Scotch pine, growth, defoliation, mortality, thinning, fertilization, Sweden.



Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap (NL)  
Institutionen för skoglig mykologi och växtpatologi  
Skogspatologi

## Abstract

The fungus *Gremmeniella abietina* causes damage to conifers that can lead to tree death. In 1999 and 2001 the pathogen caused severe attacks in Sweden, where about 500 000 ha of pine forest were affected. Trees of all ages were attacked, but mainly forests between 30-60 years that were ready for their first commercial thinning. After recommendations from the forest agency, sanitary fellings were made to trees that had more needle loss than 85%, a total of about 50 000 ha. Economic losses have been estimated to more than one billion SEK.

In connection with the outbreaks two experiments were put out with the aim to investigate the long-term effects in affected populations. The experiments were laid out in Dalarna on Stora Enso land where the epidemic was most severe. In both experiments trees were selected and monitored yearly until 2004, as well as in 2010. All monitored trees were divided into different groups depending on loss of needle biomass. In experiment A, which started in 2000, thinning, fertilization and control was compared. This experiment was hit heavily by the outbreaks in both 1999 and 2001. In experiment B, which started in 2001, the development was monitored without any further treatments. This experiment was hit mainly by the outbreak in 2001. During the inventory, parameters that were used were: Defoliation, diameter, mortality, and drill samples. The survival in different groups was found to be dependent on needle biomass loss in both experiments. Among the groups that had the least needle loss most of the trees are alive today, while mortality in the groups with greater needle loss is higher.

To minimize the risk of mortality after a *G. abietina* infection, sanitary thinning should be executed to reduce economic losses. Trees with needle loss higher than 60%, have a high risk to die and should be considered to be included in the thinning procedure. In stands that have been exposed to repeated attacks the risk of mortality increases even with minor needle loss. In such stands all trees have an increased risk of dying and forest owners should consider final felling followed by replanting.

The annual growth between 1990 and 2010 was analyzed and the results show that groups with a small needle loss increased its growth during and after the attack. The *G. abietina* infection caused a natural thinning, thus favoring the growth of these groups. The groups with heavy needle loss decreased their growth by at least 60% compared to before the outbreak (growth in 1998 was about 7 cm<sup>2</sup> and 2005 about 2,5 cm<sup>2</sup>). Today, the groups that were affected by one outbreak have recovered. The stands hit by several attacks presented a worse recovery. With the exception of the group with a small needle loss, the trees today grow slower than before.

Thinned areas suffered as badly as the control plots in terms of growth, mortality and defoliation. This indicates that it is difficult to prevent an epidemic of *G. abietina* during the outbreak with thinning. In the experiment with fertilization no statistical differences were found between control and fertilization, probably because the amount of sample was too small. Preventive measures are probably the easiest method to reduce injuries from *G. abietina* infections.

## Sammanfattning

Svampen *Gremmeniella abietina* orsakar skador på barrträd som kan leda till tr addedd. Patogenen orsakade 1999 och 2001 kraftiga angrepp i Sverige där ca 500 000 ha tallskog drabbades. Träd i alla åldrar angreps men främst gallringsskog mellan 30-60 år. Efter rekommendationer från skogsstyrelsen saneringsgallrades bestånd som hade större barrförlust än 85 %, totalt ca 50 000 ha. De ekonomiska förlusterna har beräknats överstiga en miljard SEK.

I samband med utbrotten lades två försök ut med syftet att undersöka långsiktiga effekter i drabbade bestånd. Försöken lades ut i Dalarna på Stora Ensos mark där epidemin var allvarligast. I båda försöken övervakades utvalda träd årligen fram till 2004 samt 2010. Alla övervakade träd delades in i olika grupper beroende på barrförlust. I försök A, som lades ut 2000, jämfördes gallring och gödsling med kontroll. Detta försök drabbades kraftigt av utbrotten både 1999 och 2011. I försök B, som lades ut 2001, vidtogs inga skogliga åtgärder utan ytorna följdes som de var. Detta försök drabbades främst av ett utbrott. Vid inventering avlästes parametrarna: kronutglesning, diameter, mortalitet samt tillväxt.

Överlevnaden visade sig vara starkt beroende av barrförlusten i båda försöken. Bland de grupper som hade minst barrförlust lever de flesta träden idag samtidigt som dödligheten i grupperna med större barrförluster är högre.

För att minimera risken för mortalitet vid ett gremmeniellaangrepp bör saneringsgallring ske för att minska ekonomiska förluster. Träd med högre barrförluster än 60 % har en ökad mortalitetsrisk och man bör överväga om de skall inkluderas i gallringen. Vid upprepade angrepp är risken för mortalitet förhöjd även vid mindre barrförluster. Eftersom alla träd riskerar att dö bör skogsägaren försöka att avveckla beståndet och återplantera.

Den årliga tillväxten analyserades mellan 1990-2010 och resultaten visar att grupperna med liten barrförlust ökade sin tillväxt under och efter angreppet. Gremmeniella orsakade en naturlig gallring vilket gynnade tillväxten i dessa grupper. Träd med kraftigare barrförlust minskade sin tillväxt med minst 60 % jämfört med innan utbrottet (Tillväxten under 1998 var ca 7 cm<sup>2</sup> och 2005 ca 2,5 cm<sup>2</sup>). Idag har grupperna som drabbades av ett utbrott återhämtat sig. I bestånd som drabbas av flera angrepp är återhämtningen sämre. Förutom gruppen med liten barrförlust så växer träden långsammare idag jämfört med innan angreppen.

Gallrade ytor drabbades lika illa som kontrollytorna med avseende på tillväxt, mortalitet och kronutglesning. Detta indikerar att det är svårt att hindra en gremmeniellaepidemi under utbrottets gång med gallring. I försöket med gödsling hittades inga statistiska skillnader mellan kontroll och gödsling förmodligen för att urvalet var för litet. Sannolikt är den enklaste metoden för att minska skador från gremmeniella att använda preventiva metoder.

## Innehållsförteckning

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ABSTRACT .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>SAMMANFATTNING.....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>INLEDNING .....</b>   | <b>6</b>  |
| BAKGRUND .....   | 6         |
| TAXONOMI .....   | 6         |
| UTBREDNING.....  | 7         |
| HISTORIA I SVERIGE.....  | 7         |
| BIOLOGI .....  | 8         |
| STÅNDORTSFAKTORER SOM PÅVERKAR GREMMENIELLAUTBROTT.....                    | 9         |
| PREVENTIV SKOGSSKÖTSEL OCH SKÖTSEL AV INFEKTERADE BESTÅND .....            | 9         |
| SYFTE.....   | 10        |
| <b>MATERIAL OCH METODER.....</b>   | <b>10</b> |
| FÖRSÖKSYTOR OCH ÅTGÄRDER.....  | 10        |
| VAL AV TRÄD .....  | 11        |
| DATAINSAMLING .....  | 11        |
| BERÄKNINGAR AV KRONUTGLESNING, MORTALITET OCH PREDIKTERAD MORTALITET ..... | 11        |
| STATISTISK ANALYS .....  | 12        |
| ANALYS AV BORRKÄRNOR.....  | 12        |
| <b>RESULTAT.....</b>   | <b>12</b> |
| MORTALITET .....   | 12        |
| KRONUTGLESNING .....   | 14        |
| TILLVÄXT .....   | 15        |
| RISKBEDÖMNING .....  | 17        |
| <b>DISKUSSION .....</b>  | <b>18</b> |
| <b>SLUTSATS.....</b>   | <b>19</b> |
| <b>TILLKÄNNAGIVANDEN .....</b>   | <b>20</b> |
| <b>LITTERATURFÖRTECKNING.....</b>  | <b>20</b> |
| <b>APPENDIX.....</b>   | <b>23</b> |

## Inledning

### Bakgrund

*Gremmeniella abietina* orsakar kräftsår och skottdöd på barrträd i boreala och tempererade skogar (Hellgren och Barklund 1992).

Patogenen orsakade 1999 och 2001 kraftiga angrepp på tall (*Pinus sylvestris*). Wulff (2006) uppskattade skadorna till att beröra 484 000 ha tallskog samt att det var det största angreppet som dokumenterats i Sverige. Tre områden beskrivs som centrum för angreppet: centrala Götaland, västra Svealand och centrala Norrland. Träd i alla åldrar angreps men främst gallringsskog mellan 30-60 år belägen på hög höjd över havet (Stenlid 2001). Persson (2003) uppskattade de ekonomiska förlusterna i samband med angreppet till mer än en miljard svenska kronor.

Redan 1999 rapporterades det om lokala gremmeniellaangrepp i Bergslagen, framförallt över 300 meters höjd (Stenström, personlig kontakt; 2010). Påföljande vinter blev mycket varm och fuktig vilket gav goda spridningsmöjligheter under sommaren 2000. Gynnsamma förhållanden och svampens 2 åriga livscykel (se nedan under biologi) bidrog starkt till att epidemiska nivåer av gremmeniella kunde dokumenteras 2001.

Sanitetsgallringar och slutavverkningar utfördes på medelålders tallbestånd för att minska spridningen av *G. abietina* (Wulff & Walheim 2003). De rekommenderade åtgärderna vid saneringen baserades på erfarenheter från angrepp av defolierande insekter i brist på erfarenhet från åtgärder vid gremmeniellaangrepp. Långström (2001) hade då visat att ifall kronutglesningen var mindre än 85 % av trädets krona så dog vanligtvis inte trädet. Skogsstyrelsens rekommenderade därför att först att gallra de träd som var mer än 85 % kronutglesade. Ifall virkesförrådet efter gallring understeg nivån enligt Skogsvårdslagens 5§ rekommenderades slutavverkning (Skogutredningen 2006). Dessa rekommendationer visade sig vara goda även vid sanering av gremmeniellaskadad skog. Bernhold (2008) visade senare att det finns en stark korrelation mellan kronutglesning av gremmeniella och mortalitet.

Gremmeniella har varit känd i Sverige sedan 1880-talet och sedan dess har skadesvampen återkommande orsakat skador främst på tall men även på granplantor i svårt angripna tallbestånd (Barklund 1990). Trots vetskapen om patogenens existens saknas mycket kunskap och strategier för att kunna hindra eller begränsa kraftiga angrepp. I samband med angreppen 2001 startades flera forskningsprojekt.

Detta examensarbete baseras på långsiktig inventering från gremmeniellaangripna bestånd i Bergslagen där försöksytor avsattes under 2000 och 2001 för långtidsuppföljning efter gremmeniellaangrepp.

### Taxonomi

Släktet *Gremmeniella* har delats in i 3 olika underarter: *G. juniperina* L. Holm & Holm, *G. laricina* (Ettinger) Petrini et al. och *G. abietina* (Lagerberg) Morelet (Petrini et al., 1989). Ytterligare indelningar har sedan gjorts av *G. abietina* där



en europeisk, en nord amerikansk och en asiatisk har identifierats (Dorwoth och Kryweinczyk 1975). I Finland har sedan den Europeiska arten delats upp i Typ A samt Typ B (Uotila 1983). En motsvarande uppdelning i Sverige är gjord av Hellgren och Högberg (1995) där Typ A istället benämns som "large tree type" (LTT) och Typ B benämns som "small tree type" (STT). LTT angriper årsskotten på tall i alla åldrar medan STT främst ger kräftsår som utvecklas under snön på yngre plantor. Enligt Stenlid (personlig kontakt, 2010) var det LTT som orsakade epidemin 2001.

### Utbredning

I Europa är *G. abietina* sprid över alla länder och gör mest skada i norr men skador förekommer även i de alpina regionerna (Butin 1995). Patogenen förekommer inte i områden med för varmt klimat. Finland drabbades av deras allvarligaste angrepp 1982 då nästan 17 000 ha angreps lindrigt eller allvarligare (Nevalainen 1999).

*G. abietina* orsakar angrepp på barrträd i Nordamerika, Japan och i Europa (Butin 1995).

I Nordamerika förekommer både den nordamerikanska arten och den introducerade europeiska arten (Ur Hellgren 1995: Setlif et al. 1975). I de östra delarna drabbas plantager medan i de västra delarna betraktas patogenen som harmlös.

I Asien har enbart ön Hokkaido i norra Japan drabbats av *G. abietina* då *Abies sachalinensis* drabbades (Ur Hellgren 1995: Yokota et al. 1974). Från sett detta angrepp har inga andra dokumenterats i Asien.

### Historia i Sverige

Gremmeniella noterades på gran (*Picea abies*) i Kolleberga Nationalpark 1893 (Ur Barklund 1989: Lagerberg 1913). Då orsakade patogenen toppdöd. Under den stora återbeskogningsperioden i början av 1900-talet gjorde *G. abietina* sig känd i sydvästra Sverige. Plantering av *P. sylvestris* och *P. nigra* på ljunghedar misslyckades pga. angrepp från *G. abietina* (Ur Barklund 1989: Nilsson 1901). Då var skadesvampen redan känd i Sveriges grannländer. Karstens 1884 (ur Barklund 1989) hade registrerat skador på tall i Finland från *G. abietina* och Brunchorst 1888 (ur Barklund 1989) hade beskrivit samma patogen i Norge och gett den namnet *Brunchorstia pinea*.

Lagerberg (1945) hävdade att även om *G. abietina* var en patogen på pinus arter i stora delar av Europa så var det osannolikt att patogenen skulle orsaka allvarliga skador i Sverige då användningen av främmande trädslag var begränsad. Motsatsen bevisades då Kohh 1964 (ur Barklund 1989) rapporterade om allvarliga angrepp på *P. sylvestris* i Småland. De angripna bestånden var i gallringsålder och av tysk härkomst. Även inhemsk tall i täta bestånd drabbades av *G. abietina*. Samtidigt pågick ett angrepp i plantskolor. Under en 10-årsperiod dog 75 miljoner tallplantor och detta var starten på användningen av fungicider mot gremmeniella i plantskolor (Kohh 1964). Trots omfattande skador uppkomna av *G. abietina* skrev Björkman (1961) att patogenen främst orsakade toppdöd på gran och att det inte fanns orsak att tro att patogenen skulle orsaka allvarlig skada på tall.

De allvarligaste angreppen dithills skedde under 80-talet då tallar (*Pinus sylvestris*) i alla åldrar dog men särskilt träd i åldern 20-40 år i ogallrade bestånd (Friström 1988).

När exoten Contortatall (*Pinus contorta* Dougl. Ex Loudin var. *latifolia* Engelm.) introducerades i Sverige i slutet av 1970-talet och 1980-talet beskrev Karlman (1984) riskerna med att introducera ett exotiskt trädslag. Sammanlagt planterades 55 000 ha contortatall (Elfving 2001) för att kompensera en svacka i virkesförrådet. Några år efter att Karlman hade beskrivit riskerna rapporterade hon om kraftiga attacker av *G. abietina* STT i bestånd av contorta, främst de som var yngre än 10 år (Karlman 1986). Angreppet ledde till restriktioner skogsvårdslagen, bland annat begränsades möjligheterna att plantera contorta i kärva klimat (Karlman 2001).

## Biologi

Fakultativa parasiter som *G. abietina* har förmåga att angripa friska värdväxter men kan också överleva på döda växtdelar. *G. abietina* producerar två olika fruktkroppar: både asexuella pyknidier och sexuella apothecier (Butin 1995).

Patogenen har en livscykel över 2 år (Hellgren och Barklund 1992). Den tvååriga livscykeln medför att det är tillräckligt med fördelaktiga väderförhållanden vartannat år istället för varje.

Den huvudsakliga sporspridningen sker på våren och försommaren i samband med skottsträckningen (Butin 1995). Konidierna sprids främst under maj till september i södra Finland (Kaitera et al 1997). I södra Sverige är motsvarande tid mellan april och juli. (Hellgren & Barklund 1992). Ascosporer sprids senare under sommaren (Hellgren & Barklund 1992). Spridningen av både ascosporer och konidier gynnas av regn eller hög luftfuktighet (Butin 1995). Efter regn öppnas fruktkropparna och blottlägger sporer. När regndroppar träffar de öppna fruktkropparna sprids sporer till omgivningen. Skilling (1969) har fångat ascosporer 400 m från den närmaste möjliga källan. Detta indikerar att *G. abietina* har stor och snabb spridningspotential när rätta förhållandena finns.

Infektionen sker i knoppar samt årsskott där svampen lever ytligt fram till vintern då den utnyttjar trädets vintervila för kolonisering när trädets försvar är frånvarande (ur Barklund 1989; Lang och Schütt 1974). Denna fas gynnas av milda vintrar. För att en infektion ska lyckas krävs ett temperaturintervall mellan +5°C – -5°C under trädets viloperiod under 44 dagar (Marosy et al. 1989). Varje normal vinter i Sverige är tillräcklig för att *G. abietina* ska kunna infektera så temperaturintervallet kan inte fullständigt förklara variationen i förekomst. Koloniseringen sker med groddslangar som penetrerar stomata på värden (Skilling 1972)

Våren efter infektionen blir de första symptomen synliga. Små nekroser bildas under barken på årsskotten (Butin 1995). Barren lossnar lättare då celler börjar dö i barken. Nekroserna hindrar vatten- och näringstillförseln till skottet som blir rött eller brunt (Butin 1995). Döda skott tappar barren och verkar torkskadade. Gremmeniella orsakar också kräftsår och om värden har dålig resistens kan trädet dö på några få år (Butin 1995). Kräftsår påverkar också den



långsiktiga spridningen av sporer då såren har förmåga att producera sporer under flera år (Roll-Hansen 1964).

De första pyknidierna syns några månader efter att det infekterade skottet har dött dock så produceras de flesta pyknidier under hösten eller under nästkommande vår, två år efter infektionen (Butin 1995). Apothesierna utvecklas först tre år efter infektion (Kaitera et al. 1997)

### Ståndortsfaktorer som påverkar gremmeniellautbrott

Allvarliga utbrott uppstår ofta på hög höjd över havet (Wulff & Walheim 2003) vilket stämmer med den senaste epidemin i Sverige där de första angreppen började på över 300 meters höjd under 1999. Utbrottet 2001 av *G. abietina* påverkade stora arealer och orsakerna till omfattningen beror på flera faktorer. Väderfaktorer brukar ofta nämnas som en avgörande faktor i litteraturen. Utbrottet föregicks av två svala och blöta vegetationsperioder (1998 och 2000) samt två långa och milda vintrar (1998/99 och 2000/01). När *G. abietina* orsakade svåra skador i Finland 1981 föregicks utbrottet av en kall vinter. Sett till de båda utbrotten är vinterförhållandet inte avgörande för att en epidemi ska börja utan väderförhållandena på sommaren är huvudorsaken (Uotila och Petäistö 2007, Hellgren och Barklund 1992). Sporspridningen är nämligen starkt beroende av fuktigt väder (Skilling 1969). Under svala och fuktiga vegetationsperioder är dessutom världens motståndskraft reducerad (Kurkela 1984).

### Preventiv skogsskötsel och skötsel av infekterade bestånd

Att arbeta preventivt med bestånd är sannolikt det enklaste sättet att minska skadorna från *G. abietina*. Stressade träd är mer mottagliga för patogenen (Karlman 1986). Klena träd är också mer skadade än grövre vilket sannolikt beror på att de är utsatta för starkare konkurrens (Niemelä 1992).

Sena sommarfroster ökar tallens mottagligheten från *G. abietina*. Genom att använda plantor från nordliga eller lokala provenienser minskar mottagligheten (Hansson 1998). Att nordförflytta tallplantor för att uppnå en högre tillväxt var vanligt i Sverige under mitten av 1900-talet. Wikström (2002) visade att plantor som nordförflyttats mer än 2 breddgrader fick mer omfattande skador från *G. abietina* jämfört med lokala eller nordliga provenienser. Skilling (1988) visade på möjligheten att använda skärmställningar för att minska risken för frost så länge inte skärmträden är infekterade av *G. abietina*.

Att plantera tall på näringsrika jordar har visat sig minska motståndskraften mot *G. abietina* (Lähde 1974). Plantering av tall på klassiska "granmarker" (fuktiga, näringsrika och finkorniga) har dock varit väldigt vanligt (Witzell och Karlman 2000). Vidare fann Witzell och Karlman (2000) de flesta gremmeniella-angreppen på sådana marker och de tallbestånd som var planterade på "tallmark" (torr och grovkornig mineraljord) hade lägre mottaglighet och dödlighet. Det är därför viktigt att välja rätt trädslag beroende på ståndorten för att undvika stressade träd som är mer mottagliga för *G. abietina*.

Gremmeniella påverkas av beståndets täthet. En ökad täthet ger patogen ett mer gynnsamt klimat och spridningen av sporer underlättas av det minskade avståndet mellan potentiella värdar (Nevalainen 1999). Täta bestånd av tall är

mer infekterade än glesa bestånd (Niemelä et al. 1992). Förekomsten av döda träd var högre i täta och skuggade bestånd jämfört med glesa och ljusa (Uotila 1988). Att gallra täta bestånd kan alltså vara ett sätt att undvika infektion (Skilling 1988). Även Gremmen (1972) ansåg att det kunde vara fördelaktigt att gallra tidigt och regelbundet. Dock visar Kallio et al. (1985) att gallring i redan infekterade bestånd minskar beståndets förmåga till återhämtning beroende på att det finns färre stammar som kan ersätta de döda träden.

### Syfte

Att på tidigare utlagda försöksytor undersöka kort- och långsiktiga effekter på dödlighet, kronutglesning och tillväxt efter de kraftiga gremmeniellaangreppen 2001. Utvecklingen har antagits skilja mellan de två olika försöken då försök A har utsatts för två angrepp medan försök B bara utsatts för ett angrepp. Skadorna antas vara allvarligare i försök A.

## Material och Metoder

### Försöksytor och åtgärder

Försöken lades ut vid två tillfällen (2000;försök A och 2001;försök B) och designades på två olika sätt av Institutionen för skoglig mykologi och patologi, SLU. Försök A drabbades av angrepp både 1999 och 2001 medan försök B drabbades främst av epidemin 2001. Försöksytorna har tidigare avlästs årligen fram till 2004. I samband med detta examensarbete gjordes nya inventeringar av kontrollytorna (2010) samt en sammanställning av nya och tidigare avläsningar.

Försök A; I den första studien år 2000 valdes tre kraftigt gremmeniellainfekterade områden ut i Dalarna på Stora Ensos mark (Tabell 1). Det skulle finnas olika kronutglesningsklasser från kraftigt utglesade till i det närmaste friska träd. På varje område avsattes tre provytor för varje åtgärd där varje provyta var 50 x 50 m. Av 50 x 50 m användes 30 x 30 m och resten användes som kapp. På varje område finns kontrollytor som gallrades av Stora Enso enligt standardutförande samt ytor som gallrades extra kraftigt jämfört med standard. En av ytorna i Bekens gödslades vid två tillfällen med "Skog Vital" (gödselmedel som innehåller alla mineralnäringsämnen utom kväve) av Stora Enso enligt standardutförande. En gödsling på hösten 2000 och en på våren 2001. Vid varje gödsling användes 500 kg/ha. Grunddata för varje område presenteras i tabell 1.

Försök B; Den andra studien startade sommaren 2001 efter ytterligare en infektionsomgång. Sju områden valdes ut med olika beståndsålder men i övrigt med samma kriterier för kronutglesning som ovan. Även dessa ytor lades ut på Stora Ensos mark. I detta försök har inga skogliga åtgärder utförts utan skogen har lämnats för fri utveckling. Varje område var 100 x 50 meter. Tyvärr är två av ytorna idag avverkade.

**Tabell 1. Information om försöksytorna. K – Kontroll, G – Gallring, GD – Gödsling, EG – Extragallring.**

| Namn på försöksyta | Försök startades | Beteckning | Bredd grad | Föryngring år | Ståndort | HÖH | Åtgärder |
|--------------------|------------------|------------|------------|---------------|----------|-----|----------|
| Ljungkullen        | 2000             | A          | 60         | 1969          | T24      | 400 | K, G     |
| Fagerberget        | 2000             | A          | 60         | 1966          | T22      | 400 | K G EG   |
| Bekens             | 2000             | A          | 60         | 1963          | T24      | 400 | K G GD   |
| 136                | 2001             | B          | 60         | 1959          | T22      | 300 | ---      |
| 170                | 2001             | B          | 60         | 1968          | T22      | 300 | ---      |
| 220                | 2001             | B          | 60         | 1956          | T22      | 375 | ---      |
| 238                | 2001             | B          | 60         | 1946          | T22      | 350 | ---      |
| 674                | 2001             | B          | 60         | 1957-1960     | T22      | 405 | ---      |

### Val av träd

I försök A valdes träd ut med olika barrförlust (defoliering). Träden har märkts med ID-nummer så att varje träds utveckling kan följas genom åren. I varje yta valdes 5 träd ut i varje defolieringsklass (0-20, 60-70 och 80-90%). Där gruppen med 0-20 % barrförlust i texten kallas frisk, gruppen med 60-70 % barrförlust kallas medel och gruppen med 80-90% barrförlust kallas sjuk. Defolieringen lästes av i den övre 1/3 av kronan. Sammanlagt inkluderades 360 träd i försöket.

I försök B delades träden upp 5 klasser med olika barrförlust: 0-20 % förlorade barr, 60-69 %, 70-79 %, 80-89 % och 90-99%. Gruppen med 0-20 % barrförlust kallas frisk i texten och gruppen med störst barrförlust (90-99 %) kallas sjuk. Barrförlusten har avlästs i de övre 2/3 av kronan. På varje område har 10 träd i varje klass valts ut, alltså 50 träd per område och 350 träd totalt (250 träd efter att två områden avverkades).

### Datainsamling

De två studierna har inventerats på hösten varje år t.o.m. 2004 och sedan igen hösten 2010. Kronutglesningen har avläst med kikare av två personer stående från två olika håll. Bedömningen av kronutglesningen avlästes med avseende på kronans fulla utveckling, dock har hänsyn tagits till konkurrens av andra närstående träd. Ett träd utan kronutglesning har bedömts vara ett träd som utvecklat sin krona maximalt möjligt. Utglesningen har lästs av i 10 %-klasser. Om trädet har dött har detta noterats. Stamdiametern mättes när försöket lades ut samt vid sista avläsningen 2010.

### Beräkningar av kronutglesning, mortalitet och predikterad mortalitet

När mortaliteten har beräknats har alla träd inkluderats. Medelvärden för varje år har jämförts. Beräkningarna av kronutglesningens utveckling baseras på de levande träden och därför varierar n (antal mätvärden) och minskar med tiden när sjuka träd dör.

Sannolikheten för mortalitet efter 10 år beräknades som en funktion av initial deflation efter ett angrepp av *G. abietina* och beräknades med linjära modellen ANCOVA i SAS/STAT 9.1 (SAS publishing 2008). Den predikterade mortaliteten baseras på defolieringen 2001 och mortaliteten 2010.

För att visa på sambandet mellan mortalitet och kronutglesning användes logistisk regression med proc LOGISTIC i SAS/STAT 9.1 (SAS publishing 2008).

*Logit* användes som en länkande funktion av mortalitet och antagit att felen är binomialt fördelade. Sambandet jämfördes mellan gallrade och kontroll ytor med proc GLIMMIX (SAS publishing 2008) för att ta hänsyn till hierarkin i data. Kronutglesningsberäkningarna utförda på varje gallrad/kontroll-yta ska anses vara delstickprov när effekten av åtgärden har prövats. Endast de enskilda lokalerna ansågs vara äkta replikat. Jag testade om gallring/kontroll skulle påverka interceptet och lutningen mortalitet och kronutglesning.

### Statistisk analys

Signifikanta skillnader mellan år, åtgärd och defoliering har beräknats i programmen SAS 9.1 och Minitab Pro 16.1.0.0. Tukey. Data analyserades med enkelriktad ANOVA följt av Tukey test för att beräkna signifikanta skillnader inom 5 % intervall. "One-way"-ANOVA analys av skillnader utfördes för att räkna ut skillnader mellan år, bestånd, skoglig åtgärd och defoliering.

### Analys av borrhärnor

Vid avläsningen 2010 borrades alla levande provträd med tillväxtborr för att studera tillväxten under olika år, både före, under samt efter gremmeniellaepidemin. Borrhärnorna monterades på lister och slipades med flera grovlekar slippapper för att få fram en plan yta då det underlättade avläsningen. Kärnorna monterades med fibrerna lodrätt mot listen för att få fram starka kontraster. Proverna digitaliserades med en scanner. För uppmätning och dendrodatering användes programmen CooRecorder och CDendro. Vid beräkningar uppskattades den dubbla barktjockleken enligt formeln  $y = 8,965678 + 0,069612 * (\text{diametern på bark})$  (Ågren 2005). Årsringarnas tillväxt noterades mellan 1990 och 2010. Den basala arean användes för att jämföra de olika defolieringsklasserna årliga tillväxt.

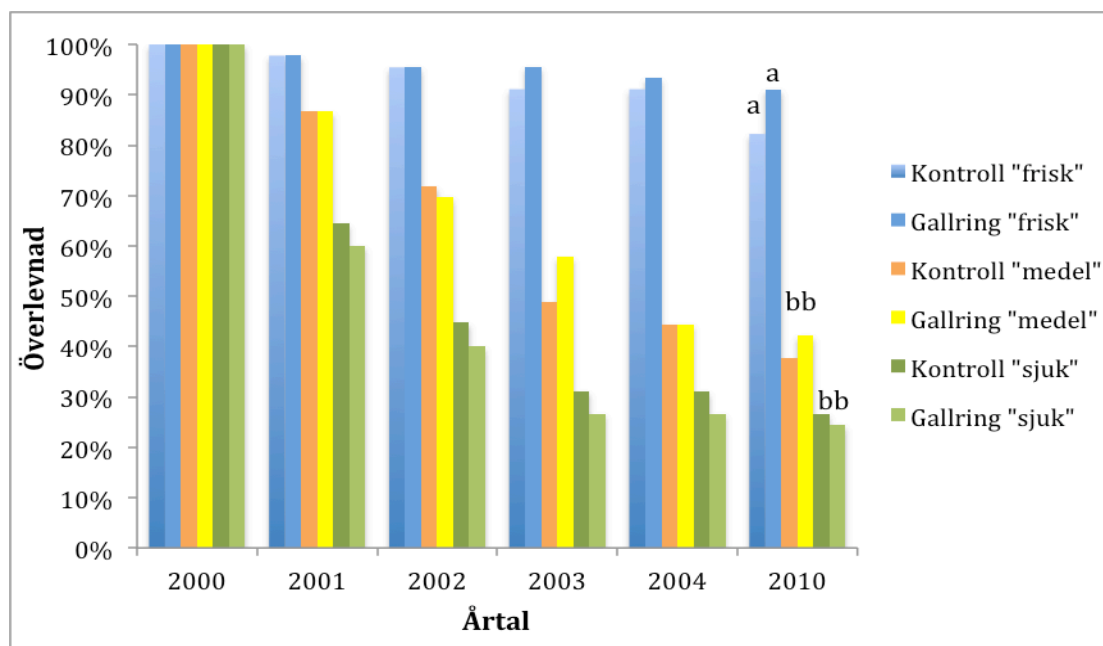
När tillväxtproven analyserades jämfördes medelvärden av tillväxten 2010 med variansanalysen proc GLM (General linear model)(SAS publishing 2008). Jag jämförde också ifall det var skillnader i återhämtningen bland de olika kronutglesningsklasserna. Jag antog att tillväxten var linjär mellan 2005 och 2010. Jag jämförde ifall träd i olika kronutglesningsklasser skiljde sig åt med avseende på intercept (tillväxten under 2005) och lutning (med andra ord tillväxtens ökning mellan 2005 och 2010).

## Resultat

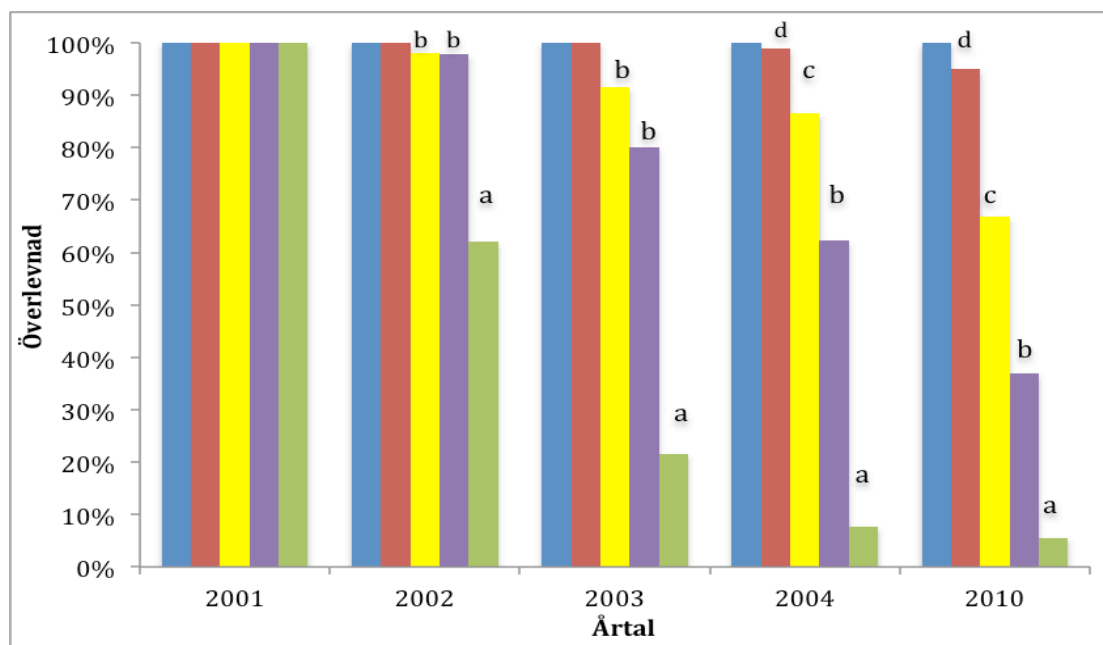
### Mortalitet

I försök A hade överlevde 51 % av de 360 träden överlevt fram till 2010 men stora skillnader i överlevnad finns mellan de olika defolieringsklasserna (Fig. 1). Mer än 80 % av träden i den "friska" klassen överlevde medan i de två andra klasserna överlevde som mest 40 %. I den "sjukaste" klassen överlevde endast ca 20 %. År 2010 är det en signifikant skillnad i överlevnad mellan de träd som från början klassades "friska", och "mellan" eller "sjuka". Det gick inte i försök A att signifikant skilja defolieringsklass "medel" med "sjuk" år 2010 medan den "friska" defolieringsklassen kan signifikant skiljas från övriga (Fig. 1). Efter 2003 har väldigt få träd dött i alla defolieringsklasser. Det gick inte att hitta några

signifikanta skillnader år 2010 mellan gallrade ytor och kontroll ytor inom respektive defolieringsklass (Fig. 1).



Figur 1. Utveckling av mortaliteten i försök A. Diagrammet visar på gallringens effekt på mortaliteten i olika defolieringsklasser jämfört med kontrollytorna. Olika bokstäver visar på en signifikant skillnad vid slutavläsningen 2010 ( $p < 0.05$ ) enligt Tukey.



Figur 2. Visar på mortalitetens utveckling i olika defolieringsklasser i försök B. De olika staplarna visar olika defolieringsklasser (Blå - förlorat 15 % av barrmassan, röd - förlorat 65 % av barrmassan, gul - förlorat 75 % av barrmassan, lila - förlorat 85 % av barrmassan och grön förlorat 95 % av barrmassan). Olika bokstäver visar på en signifikant skillnad inom samma år ( $p < 0.05$ ) enligt Tukey.

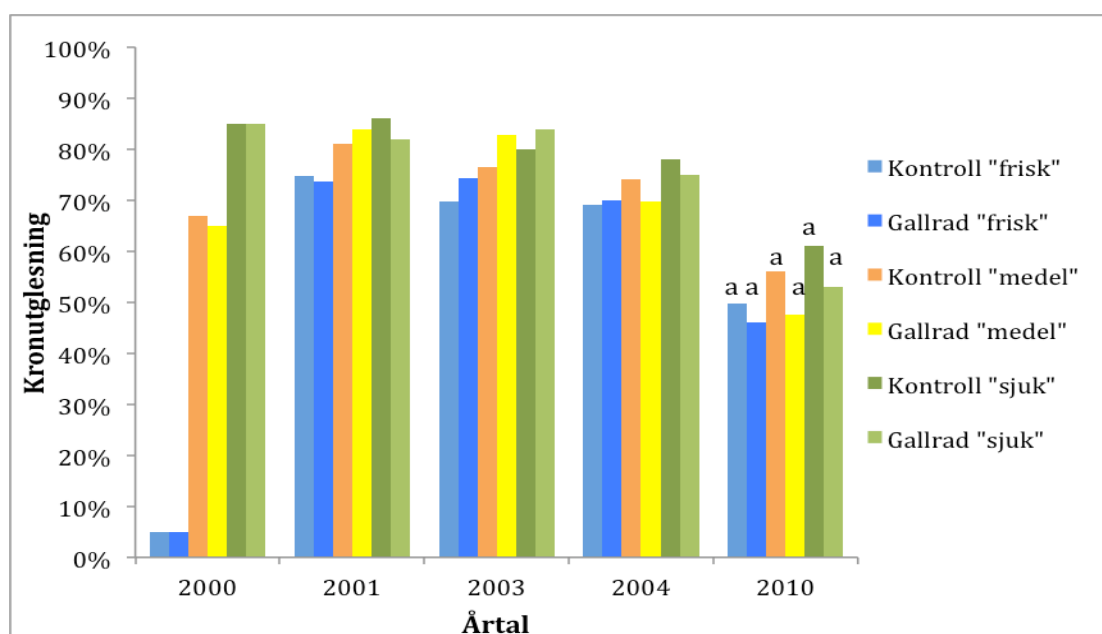
Försök B visar att av de träd som 2001 hade förlorat 15 % av sin barrmängd lever alla 2010 medan av de träd som hade förlorat 95 % av sin barrmängd 2001 har mindre än 10 % överlevt. Överlevnaden visar alltså på en stark korrelation mellan defoliering och mortalitet (Fig. 2). Alla klasser år 2010 signifikant skilda från varandra ( $p < 0.05$ ).

I gödslingsförsöket i Bekens analyserades både mortaliteten (Appendix, Fig. 10) och defolieringens utveckling (Appendix, Fig. 11) men inga signifikanta skillnader kunde hittas mellan gödsling, kontroll och gallring.

Efter en analys av mortalitet (Appendix, Fig. 12) och defolieringens utveckling (Appendix, Fig. 13) i försöket i Fagerberget kunde inte heller några signifikanta skillnader hittas mellan extra gallring, gallring och kontroll.

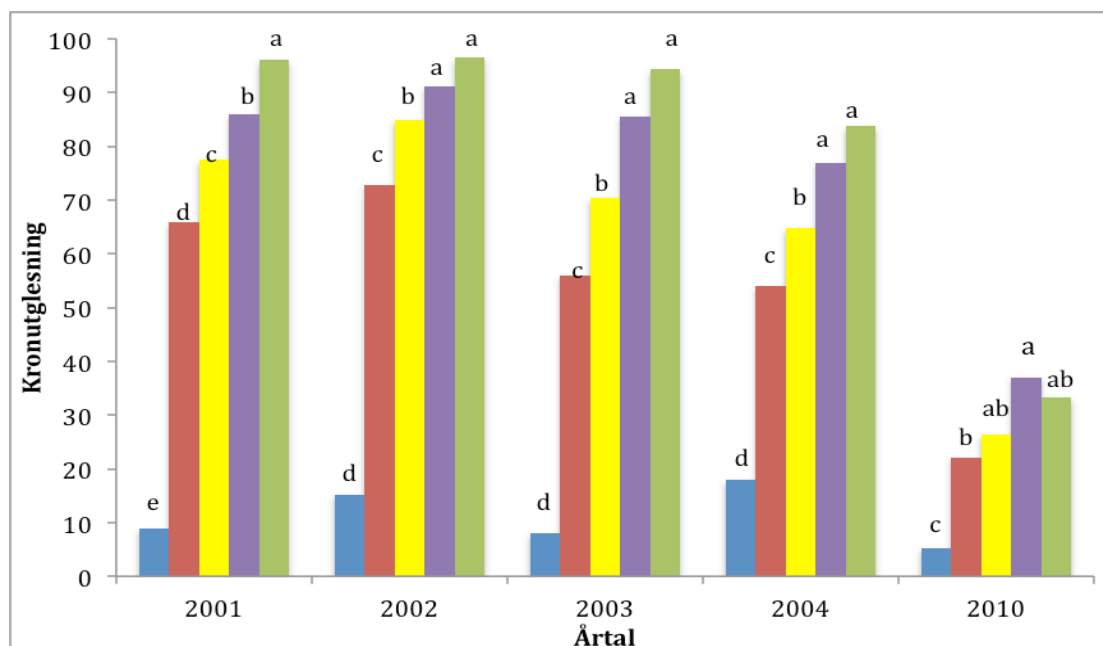
### Kronutglesning

Utvecklingen av defolieringen i försök A visar att de träd som överlevt kan återhämta sig efter två infektioner och kraftig defoliering (Fig. 3). 2001 hade alla en utglesning på mer än 70 % oavsett tidigare defolieringsklass och 2010 har en återhämtning skett. Det går inte att signifikant skilja de olika klasserna 2010.



Figur 3. Utvecklingen av defolieringen i försök A. Här jämförs gallrade ytor med kontrolltytor i 3 olika defolieringsklasser (frisk, medel, sjuk). Olika bokstäver visar på en signifikant skillnad ( $p < 0.05$ ) enligt Tukey.





Figur 4. Visar kronutglesningens utveckling i försök B. De olika staplarna visar olika defolieringsklasser (Blå – förlorat 15 % av barrmassan, röd – förlorat 65 % av barrmassan, gul - förlorat 75 % av barrmassan, lila - förlorat 85 % av barrmassan och grön förlorat 95 % av barrmassan). Olika bokstäver visar på en signifikant skillnad inom samma år ( $p < 0.05$ ) enligt Tukey.

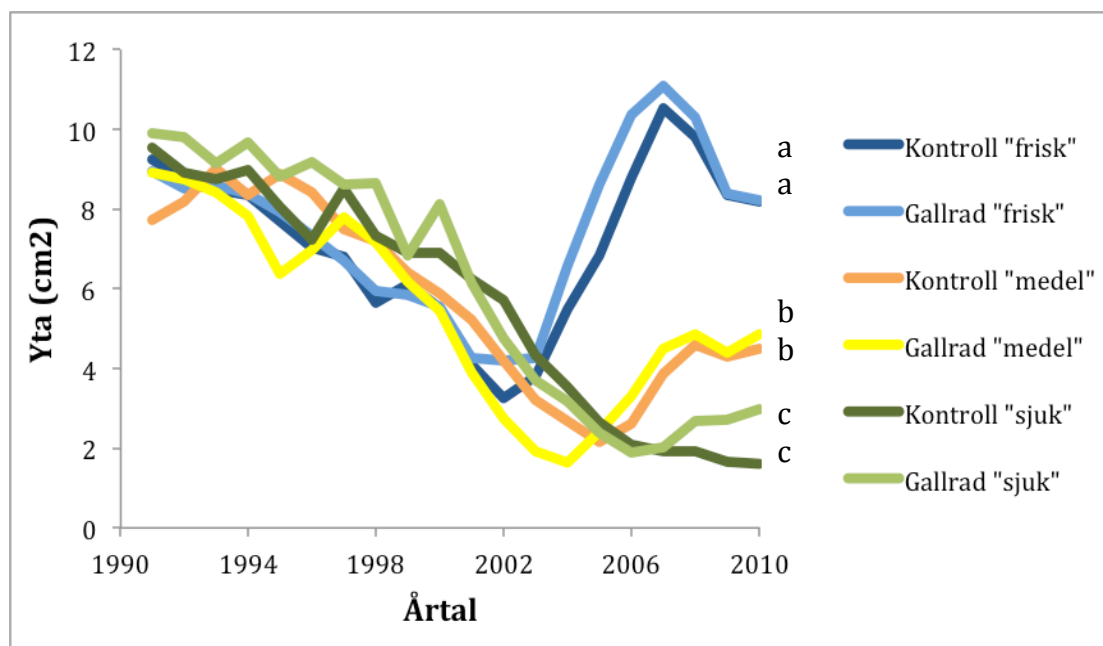
Utvecklingen av kronutglesningen visar en återhämtning de senaste åren bland de överlevande träden i alla klasserna (Fig. 4). I försök B när försöket startade var alla defolieringsklasserna signifikant skilda. Ju längre tid efter utbrottet minskar de signifikanta skillnaderna mellan klasserna och 2010 är bara 15%-klassen skild från de andra.

### Tillväxt

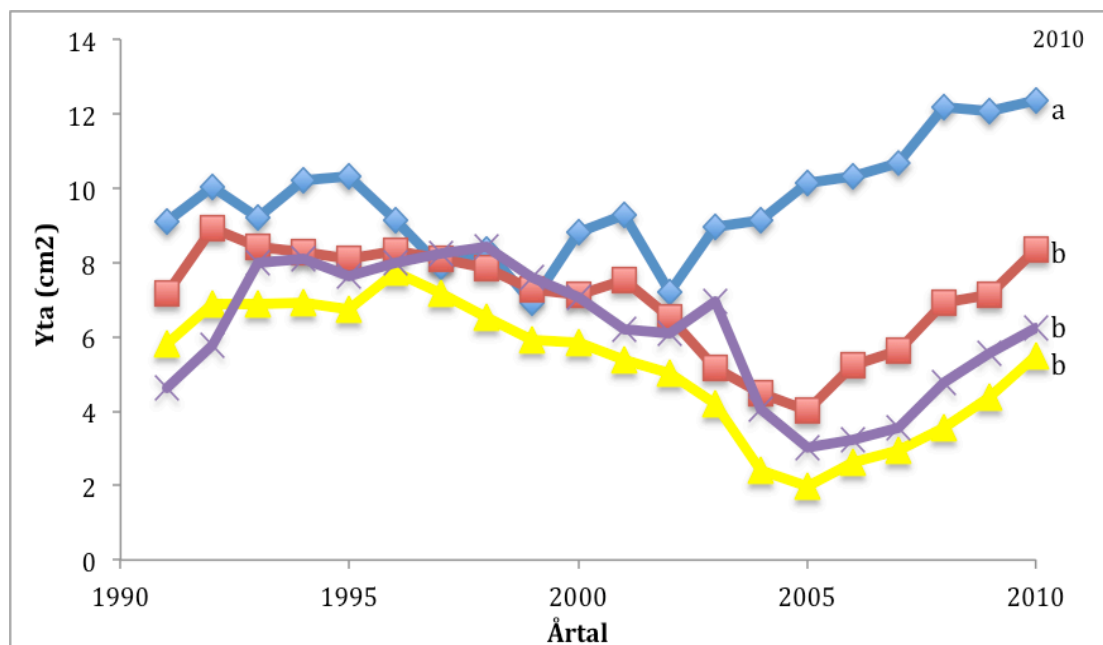
I försök A visar årsringarna att som mest ökade tillväxten i den "friska" gruppen med nästan 50 % (2007) jämfört med innan epidemin (1998), men tillväxten har senare minskat något (Fig. 5). "Medelgruppen" minskade sin tillväxt som mest med 70 % (2004) jämfört med innan epidemin (1998) och har idag återhämtat sig något. Den "sjuka" gruppens tillväxt har minskat med mer än 75 % sedan utbrottets början (1998) och ingen tydlig återhämtning har skett. Inga signifikanta skillnader kan hittas mellan gallring och kontroll i respektive defolieringsklass.

Jämfört med innan utbrottet (1998) så har 15%-klassen (frisk) år 2010 ökat sin tillväxt med ca 50 % i försök B (Fig. 6). Både 65%-klassen och 85%-klassen minskade tillväxten med 64 % (2005) jämfört med innan utbrottet (1998). Motsvarande minskning i 75%-klassen uppgick till 75 %. Efter 2004 är 15%-klassen signifikant skild från de övriga klasserna ( $p\text{-värde} < 0.05$ ) (Fig. 6). I 95%-klassen finns endast två levande träd kvar 2010. I de tre värst drabbade utglesningsklasserna (65%-, 75%- och 85%-klassen) kan ingen signifikant skillnad ses vid slutavläsningen 2010 jämfört med 1998. I alla påverkade klasser har en återhämtning skett bland de överlevande träden. Återhämtningen har skett i samma takt i de 3 drabbade klasserna som i den friska klassen (15%-

klassen). Mellan de 3 värst drabbade defolieringsklasserna kunde inga signifikanta skillnader hittas i återhämtningen av tillväxten mellan 2005-2010 (p-värde = 0,82) eller i minskningen av tillväxten 2001-2004 (p-värde = 0,82). Återhämtningen kan antas ha skett i samma takt oavsett defolieringsklass.



Figur 5. Årsringarnas basala area (tillväxt) mellan 1990-2010 i försök A. Här jämförs gallrade ytor med kontrolltytor i 3 olika defolieringsklasser (frisk - blå, medel - gul, sjuk - grön). Tre olika defolieringsklasser har jämförts samt gallring med kontroll. Olika bokstäver visar på en signifikant skillnad inom 2010 ( $p < 0.05$ ) enligt Tukey.

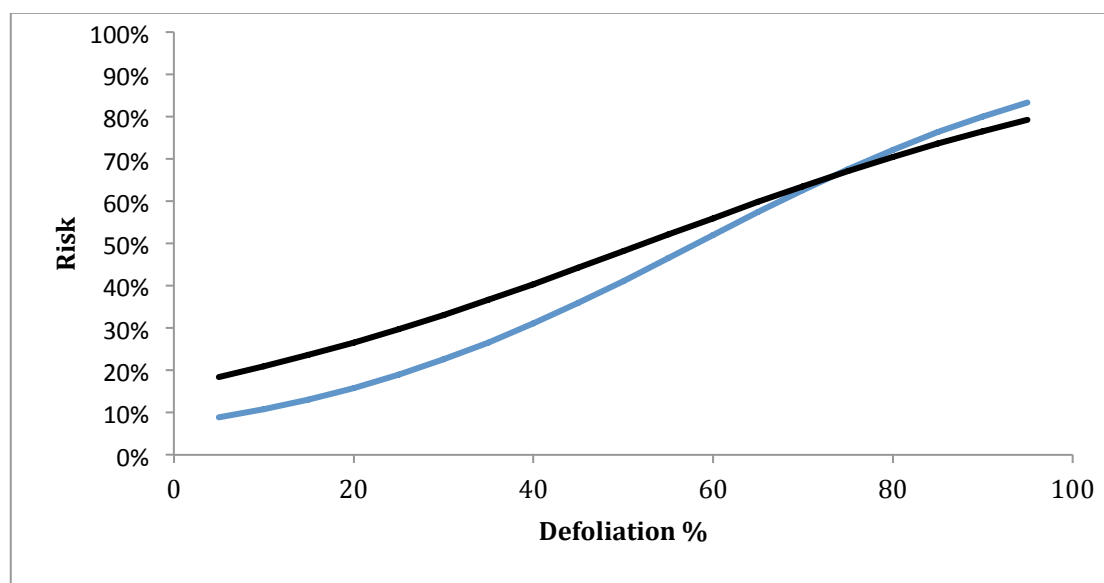


Figur 6. Tillväxten (årsringarnas basala area) mellan 1990-2010 i olika defolieringsklasser i försök B. (Blå - förlorat 15 % av barrmassan, röd - förlorat 65 % av barrmassan, gul - förlorat 75 % av barrmassan, lila - förlorat 85 % av barrmassan). Olika bokstäver visar på en signifikant skillnad inom 2010 ( $p < 0.05$ ) enligt Tukey.

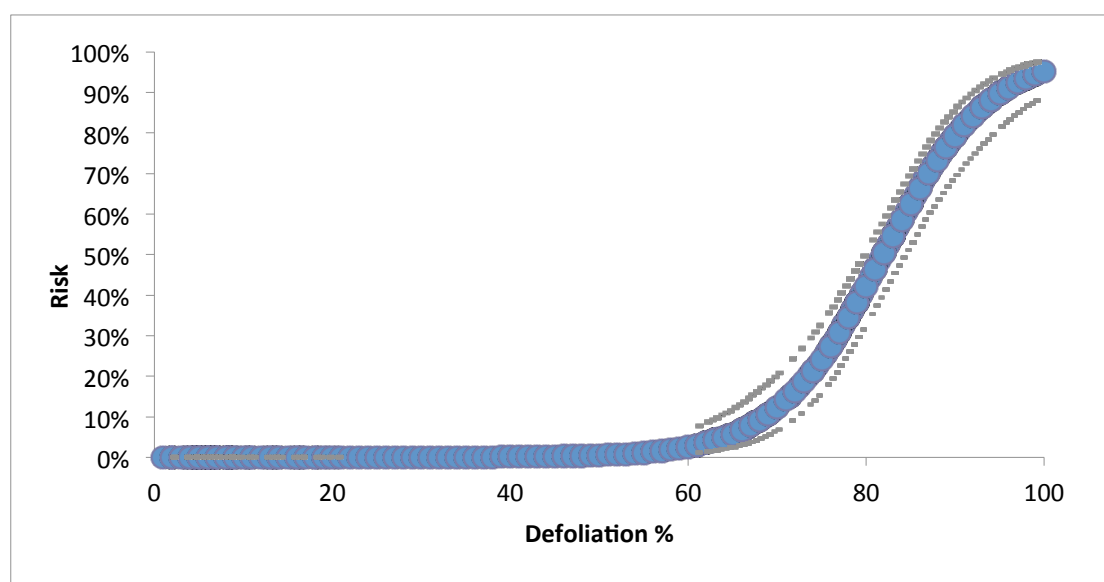
### Riskbedömning

Försök A visar att risken för mortalitet är förhöjd redan vid liten barrförlust och risken ökar med ökad barrförlust. Till exempel är risken för mortalitet ca 50 % vid 60 % defoliering. Ingen signifikant skillnad kunde hittas mellan gallring och kontroll (fig. 7).

Försök B visar att risken för att ett träd dör ökar kraftigt vid ca 60 % barrförlust och risken fortsätter att öka vid ökad barrförlust. Vid lägre barrförlust är risken för mortalitet låg (fig. 8).



Figur 7. Sannolikheten för mortalitet som en funktion av initial kronutglesning efter två angrepp av *G. abietina*. Baserad på försök A där blå linje är gallrad och svart är kontroll.



Figur 8. Sannolikheten för mortalitet som en funktion av initial kronutglesning efter ett angrepp av *G. abietina*. Baserad på försök B. Grå linjer är standardavvikelse.

## Diskussion

Det finns många olika mål med skogsbruk och för många som brukar skogen så är det ekonomiska utbytet viktigt. Vid angrepp av gremmeniella drabbas ofta gallringsskogar som är i början att generera inkomster. Saneringsåtgärder räddar det virke som annars riskerar att dö men att avverka skog i förtid är förknippat med ekonomiska förluster, något som de flesta helst undviker. Därför är det viktigt att kunna planera sitt skogsbruk vid ett gremmeniellaangrepp och förstå vilka risker som finns.

Dessa långsiktiga studier visar att i bestånd som utsatts för ett angrepp finns nästan ingen mortalitet bland träd med barrförluster mindre än 60 % medan kraftigare barrförluster ökar mortaliteten. Dessa resultat indikerar att vid saneringsgallring kan rekommendationerna även inkludera träd med barrförluster på mer än 65 % då dessa också har en förhöjd risk att dö. I samband med det allvarliga utbrottet i Sverige rekommenderade Skogsstyrelsen att träd som hade barrförluster på mer än 85 % skulle avverkas för att minska risken för mortalitet (Skogsstyrelsen 2001). Sikström (2005) visar i studier baserade på data från de två följande åren efter utbrottet liknande resultat. Det är tydligt att en 85 % nivå exkluderar träd som riskerar att dö, i alla fall vid allvarliga epidemier.

När bestånd drabbas allvarligt av två närliggande gremmeniellainfektioner ökar riskerna för mortalitet kraftigt och redan utan initial defoliering riskerar träden att dö (Försök A). Ifall bestånden är så svårt skadade att markens virkesproducerande förmåga inte längre tas tillvara på ett godtagbart sätt måste bestånden avvecklas och ett nytt bestånd måste nyanläggas enligt svensk lag (Skogsvårdslagen 2010). Eftersom mer än 50 % av träden dog i försök A är beståndet på gränsen att inte uppfylla kravet på markens virkesproducerande förmåga (Skogsutredningen 2006) och då krävs nyanläggning. Enligt Skogsutredningen (2004) går gränsen för när inte marken uppfyller kravet på virkesproducerande förmåga när virkesförrådet understiger hälften av det som bör finnas.

Det gick inte att hitta några skillnader år 2010 mellan gallringsytor och kontrolltytor inom resp. defolieringsklass vilket indikerar att gallring inte skulle ha någon effekt på mortaliteten vid en gremmeniellaepidemi. Dessa resultat är tvärtemot resultat som Uotila (1993) har visat i finska femåriga försök. I dem framgår att gallring skapar en bättre återhämtning av de infekterade tallbestånden. Även om resultaten visar att gallring inte har någon effekt på mortaliteten så kan gallring vara fördelaktigt i andra avseenden. Att gallra tidigt i ett gremmeniellaangripet bestånd innebär att gagnvirke som annars skulle gått förlorat kan räddas. Vid allvarliga epidemier kan det dock vara eftersträvänsvärt med täta bestånd eftersom det då finns fler antal träd som har chans att överleva och fylla luckorna efter de som dör (Kallio 1985).

Ur dessa resultat kan man se vad som händer med tillväxten vid gremmeniellaangrepp. Tillväxtminskning har drabbat alla klasser utom i de "friska" klasserna, dvs. om träden är synligt kronutglesade kommer tillväxten att påverkas. Förklaringen till detta är förmodligen att epidemin har fungerat som en naturlig gallring som gett de friska träden utrymme. Tillväxtminskningen

bland de drabbade klasserna var minst 60 % jämfört med innan epidemin. I försöket som drabbats av ett angrepp (Försök B) har det skett en återhämtning efter 2005 och idag (2010) växer alla träd med minst samma takt som innan epidemin. De kraftigt kronutglesade klasserna i försök A har nästan inte återhämtat sig alls. Skillnaden i återhämtning mellan försöken förklaras bäst med att försök A utsatts för allvarligare angrepp än försök B. Dessa resultat stärker argumentet att slutavverka vid de allvarligaste epidemierna av gremmeniella samt vid upprepade angrepp under en kortare tidsperiod.

De olika tidpunkterna av försökens start förklarar varför utvecklingen av de två friska klasserna skiljer sig åt. Ett år efter utbrottet minskade kronutglesningen generellt i alla defolieringsklasser i försök A oavsett defolieringsklass. I försök B så valdes försöksträden efter 2000 därmed valdes träd som hade motstått gremmeniella under två attacker och var relativt motståndskraftiga.

I försöken att gallra extra starkt samt att gödsla för att begränsa skadorna kunde inga signifikanta skillnader hittas. Detta beror sannolikt på att urvalet var för litet (15 träd per defolieringsklass, vilket betyder 45 totalt men många träd har dött sedan starten av försöket). Inga direkta slutsatser kan göras utifrån försöket (Se appendix).

## Slutsats

Gallring för att minska infektionen hade ingen effekt men det är fortfarande viktigt för att minska ekonomiska förluster. En förhöjd mortalitet uppstår i bestånd med allvarliga barrförluster. När ett träd har förlorat mer än 65 % av sina barr löper det en förhöjd risk att dö enligt dessa långsiktiga försök. Skogsstyrelsens har tidigare rekommenderat att gallra ur tallar med minst 85 % barrförlust. Att även inkludera träd som förlorat 65 % av sina barr i saneringsgallringar, då dessa också har en förhöjd risk att dö, är en möjlig väg att ytterligare minska de ekonomiska förlusterna.

När ett tallbestånd drabbas av två närliggande gremmeniellaangrepp är risken för allvarliga skador överhängande. Vid saneringsgallringar eftersträvas att gallra bort de träd som riskerar att dö men i detta fall har alla träd en förhöjd risk att dö oavsett barrförlust vilket försvårar gallringen. Därför bör en avveckling och föryngring av bestånd som drabbats av närliggande angrepp eftersträvas. Ifall bestånden är så svårt skadade att markens virkesproducerande förmåga inte längre tas tillvara på ett godtagbart sätt måste bestånden avvecklas enligt lag.

Tallskog i gremmenielladrabbade områden bör skötas så att den alltid är vid god hälsa. Preventiv skötsel är sannolikt det enklaste sättet att minska skadorna från *G. abietina* då stressade träd är mer mottagliga för patogenen.

## Tillkännagivanden

Flera personer har bidragit med kunskap och inspiration under arbetet med detta examensarbete. Först vill jag tacka min handledare Elna Stenström som har hjälpt och stöttat i alla lägen. Tack till Igor Drobyshchev och Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap för att jag fick arbeta i det dendrokronologiska laboratoriet och för all hjälp med dendrokronologi. Jonas Oliva för ovärderlig hjälp med statistik och dendrokronologi. Maria Jonsson som hjälpte till med inventeringen. Jan Stenlid för synpunkter. Och sist men inte minst tack till Stora Enso.

## Litteraturförteckning

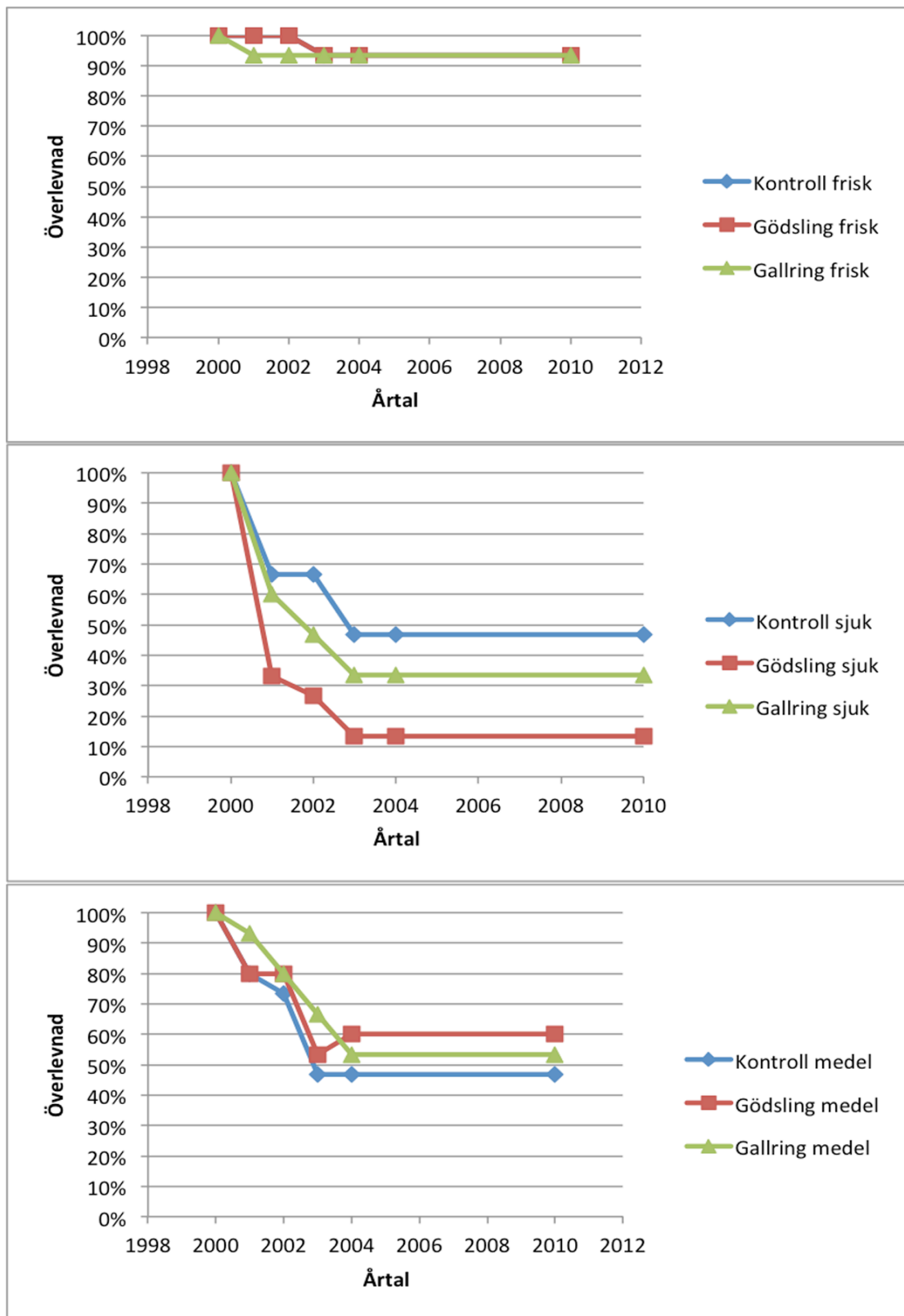
- BARKLUND, P. 1990. *Gremmeniella abietina* in Sweden: Historical background and symptomatology of the disease. *Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja*, 55-58.
- BARKLUND, P. & ROWE, J. 1981. *Gremmeniella abietina* (Scleroderris, Lagerbergii), a Primary Parasite in a Norway Spruce Dieback. *European Journal of Forest Pathology*, 11, 97-108.
- BERNHOLD, A., HANSSON, P., RIOUX, D., SIMARD, M. & LAFLAMME, G. 2008. Resistance of *Pinus contorta* and *P. sylvestris* to *Gremmeniella abietina* (European race) in Sweden. *Phytopathology*, 98, S22-S22.
- BJÖRKMAN, E. 1961. The top canker of spruce and pine. Fungus: *Scleroderris lagerbergii* (Lagerb.) Gremmen. IUFRO Congress, 1961 Wien.
- BUTIN, H. 1995. Tree Diseases and Disorders: Causes, Biology, and Control in Forest and Amenity Trees, New York, Oxford University Press, USA.
- CYBIS 2010. Coorecorder & CDendro. 7.1 ed. Stockholm: Cybis Elektronik & Data AB.
- DORWORTH, C. E. & KRYWIENCYK, J. 1975. Comparisons among isolates of *Gremmeniella abietina* by means of growth rate, conidia measurements and immunogenic reaction. *Canadian Journal of Botany*, 53, 2506-2525.
- ELFVING, T., E. & O., R. 2001. The introduction lodgepole pine for wood production in Sweden – a review. SLU.
- FRISTRÖM, O. 1988. Försök med stamkvistning av *Gremmeniella abietina*-skadat tallbestånd. M.Sc., SLU. (In Swedish)
- GREMMEN, J. 1972. Our present-day knowledge of Scleroderris canker control. *European Journal of Forest Pathology*, 2, 40-43.
- HANSSON, P. 1998. Susceptibility of different provenances of *Pinus sylvestris*, *Pinus contorta* and *Picea abies* to *Gremmeniella abietina*. *European Journal of Forest Pathology*, 28, 21-32.
- HELLGREN, M. & BARKLUND, P. 1992. Studies of the Life-Cycle of *Gremmeniella abietina* on Scots Pine in Southern Sweden. *European Journal of Forest Pathology*, 22, 300-311.
- HELLGREN, M. & HÖGBERG, N. 1995. Ecotypic Variation of *Gremmeniella abietina* in Northern Europe - Disease Patterns Reflected by DNA Variation. *Canadian Journal of Botany-Revue Canadienne De Botanique*, 73, 1531-1539.
- KAITERA, J., HANTULA, J. & JALKANEN, R. 1997. Development of fruiting bodies of large tree type of *Gremmeniella abietina* var. *abietina* and timing of infection on Scots pine in northern Finland. *European Journal of Forest Pathology*, 27, 115-124.
- KALLIO, T., HAKKINEN, R. & HEINONEN, J. 1985. An Outbreak of *Gremmeniella abietina* in Central Finland. *European Journal of Forest Pathology*, 15, 216-223.



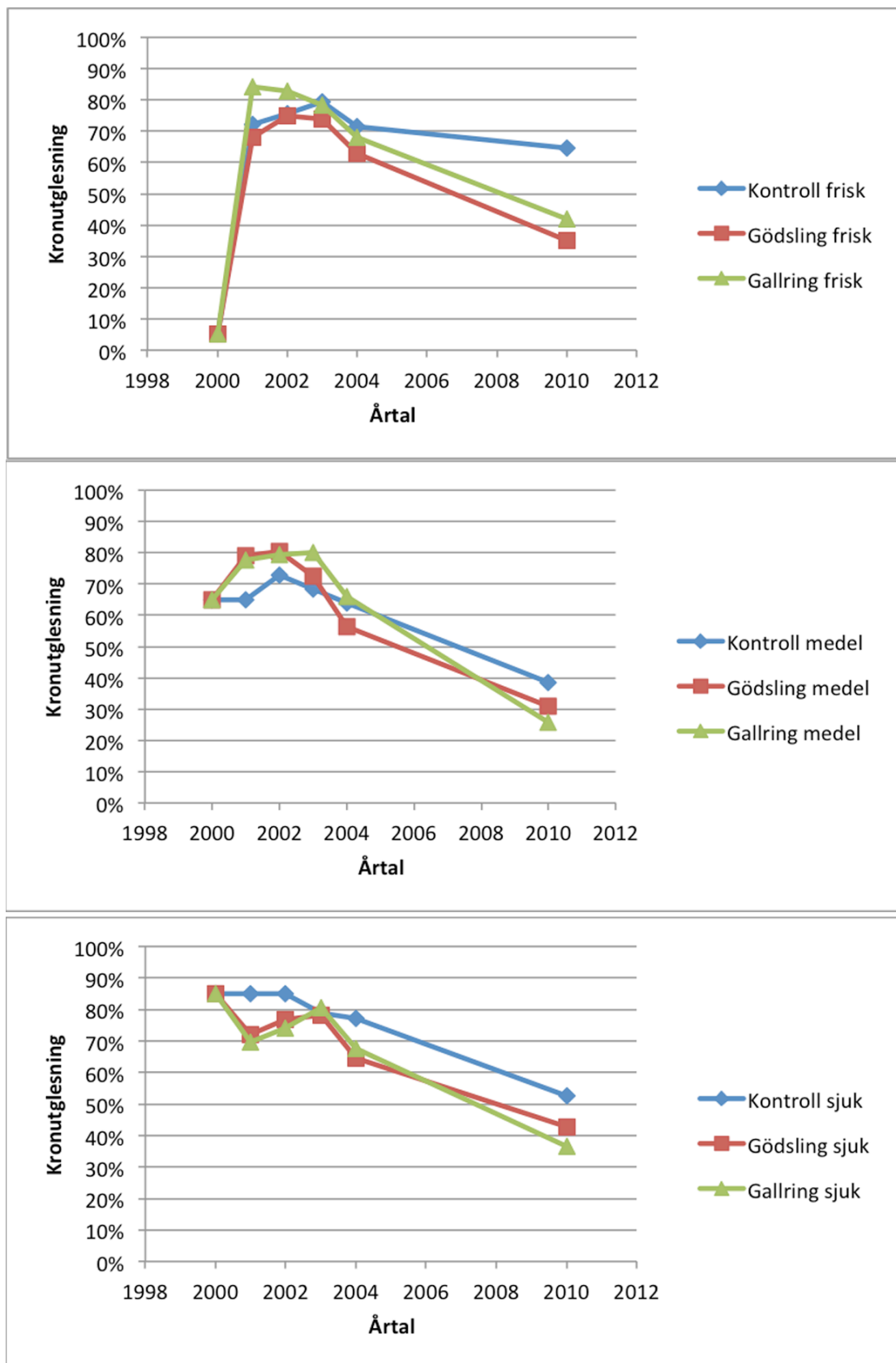
- KARLMAN, M. 1984. Pathogens and other threats to *Pinus contorta* in northern Sweden. Avhandling, Umeå Universitet.
- KARLMAN, M. 1986. Damage to *Pinus contorta* in northern Sweden with special emphasis on pathogens. *Studia Forestalia Suecica*, 1-43.
- KARLMAN, M. 2001. Risks associated with the introduction of *Pinus contorta* in northern Sweden with respect to pathogens. *Forest Ecology and Management*, 141, 97-105.
- KARSTENS, P. A. 1884. Fragmenta mycologica XIV-XVI. *Hedwiga* 23, 57-63.
- KOHH, E. 1964. Om tallens knopp- och grentorka och dess bekämpning. *Skogen.*, 200-203.
- KURKELA, T. 1984. Factors affecting the development of disease epidemics by *Gremmeniella abietina*. In: Scleroderris canker of conifers. *The Hague, Netherlands.*, 148-152.
- LAGERBERG, T. 1945. Skoglig mykologi. *Skogshögskolans kompendiekommitté. Stockholm. (In Swedish).*
- LÄHDE, E. 1974. The effect of grain (soil particle) size distribution on the condition of natural and artificial sapling stands of Scots pine. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 84, 23.
- LÅNGSTROM, B., ANNILA, E., HELLQVIST, C., VARAMA, M. & NIEMELA, P. 2001. Tree mortality, needle biomass recovery and growth losses in Scots pine following defoliation by *Diprion pini* (L.) and subsequent attack by *Tomicus piniperda* (L.). *Scandinavian Journal of Forest Research*, 16, 342-353.
- MAROSY, M., PATTON, R. F. & UPPER, C. D. 1989. Spore Production and Artificial Inoculation Techniques for *Gremmeniella abietina*. *Phytopathology*, 79, 1290-1293.
- MINITAB. 2010. Minitab Inc. 16.0.1 ed. Pennsylvania: Minitab Inc.
- NEVALAINEN, S. 1999. *Gremmeniella abietina* in Finnish *Pinus sylvestris* stands in 1986-1992: a study based on the National Forest Inventory. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 14, 111-120.
- NIEMELÄ, P., LINDGREN, M. & UOTILA, A. 1992. The effect of stand density on the susceptibility of *Pinus sylvestris* to *Gremmeniella abietina*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 129-133.
- PERSSON, M. 2003. Ekonomiska förluster efter angrepp av gremmeniella. Examensarbete i ämnet skogsskötsel 2003-8, SLU. (In Swedish)
- PETRINI, O., PETRINI, L. E., LAFLAMME, G. & OUELLETTE, G. B. 1989. Taxonomic Position of *Gremmeniella abietina* and Related Species, a Reappraisal. *Canadian Journal of Botany-Revue Canadienne De Botanique*, 67, 2805-2814.
- ROLL-HANSEN, F. 1964. Scleroderris lagerbergii Gremmen (*Crumenula abietina* Lagerb.) and girdling of *Pinus sylvestris* L. *Meddelelser fra Det Norske Skogforsoksvesen.*, 159- 175.
- SAS PUBLISHING. 2008. Sas/Stat 9.1 User's Guide the Glimmix Procedure. Sas Inst.
- SIKSTRÖM, U., JANSSON, G. & WESLIEN, J. 2005. Predicting the mortality of *Pinus sylvestris* attacked by *Gremmeniella abietina* and occurrence of *Tomicus piniperda* colonization. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere*, 35, 860-867.
- SKILLING, D. D. 1969. Spore dispersal by *Scleroderris lagerbergii* under nursery and plantation conditions. *Plant Disease Reporter.*, 291-295.
- SKILLING, D. D. 1972. Epidemiology of *Scleroderris lagerbergii*. *European Journal of Forest Pathology.*, 16-21.
- SKILLING, D. D. 1988. The role of silviculture in control of Scleroderris canker. *Healthy forests, healthy world*, Society of American Foresters, Bethesda, USA. 178-181.

- SKOGSSTYRELSEN. 2001. Gremmeniella — nio råd [Online: <http://193.183.24.7/episerver4/templates/SNormalPage.aspx?id=16615>]. [Accessed 12 jan 2010]. (In Swedish)
- SKOGSUTREDNINGEN. 2006. Mervärdesskog. Statens offentliga utredningar 2006:81. Stockholm.
- STENLID, J. 2001. Värsta svampangreppen på flera år. *Skogseko*. (In Swedish)
- UOTILA, A. 1983. Physiological and morphological variation among Finnish *Gremmeniella abietina* isolates. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*, 119.
- UOTILA, A. 1988. The effect of climatic factors on the occurrence of Scleroderris canker. *Folia Forestalia*, 721, 1-23.
- UOTILA, A. & PETAISTO, R. L. 2007. How do the epidemics of *Gremmeniella abietina* start? Foliage, shoot and stem diseases of forest trees. Proceedings of the conference of IUFRO Working Party 7.02.02, Sopron, Hungary, 21-26 May 2007. Hungarian Academy of Sciences, Forestry Commission, 147-151.
- UOTILA, A. & UITAMO, J. 1993. The effect of thinning on the recovery of Scots pine stands suffering from Scleroderris canker. In Shoot diseases of conifers. In: BARKLUND, P., LIVSEY, S., KARLMAN, M. & STEPHAN, R., eds. IUFRO, 1991 Garpenberg, Sweden. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, 31-35.
- WIKSTRÖM, M. 2002. Några skogsskötsel aspekter på Gremmeniella-epidemin 2001. Examensarbete i ämnet skogsskötsel, SLU. (In Swedish)
- WITZELL, J. & KARLMAN, M. 2000. Importance of site type and tree species on disease incidence of *Gremmeniella abietina* in areas with a harsh climate in northern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 15, 202-209.
- WULFF, S., HANSSON, P. & WITZELL, J. 2006. The applicability of national forest inventories for estimating forest damage outbreaks - Experiences from a gremmeniella outbreak in Sweden. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere*, 36, 2605-2613.
- WULFF, S. & WALHEIM, M. 2003. *Gremmeniella abietina*: uppträdande i Sverige. Resultat från Riksskogstaxeringen och skogsskadeinventeringen 2002., Umeå. (In Swedish)
- ÅGREN, D. 2005. Tillväxtreaktion på kvarlämnade träd i Hagners "Naturkultur" försök. Growth response of retained trees in Hagner's "Liberich" experiments. Examensarbete.15, 1-28., SLU.

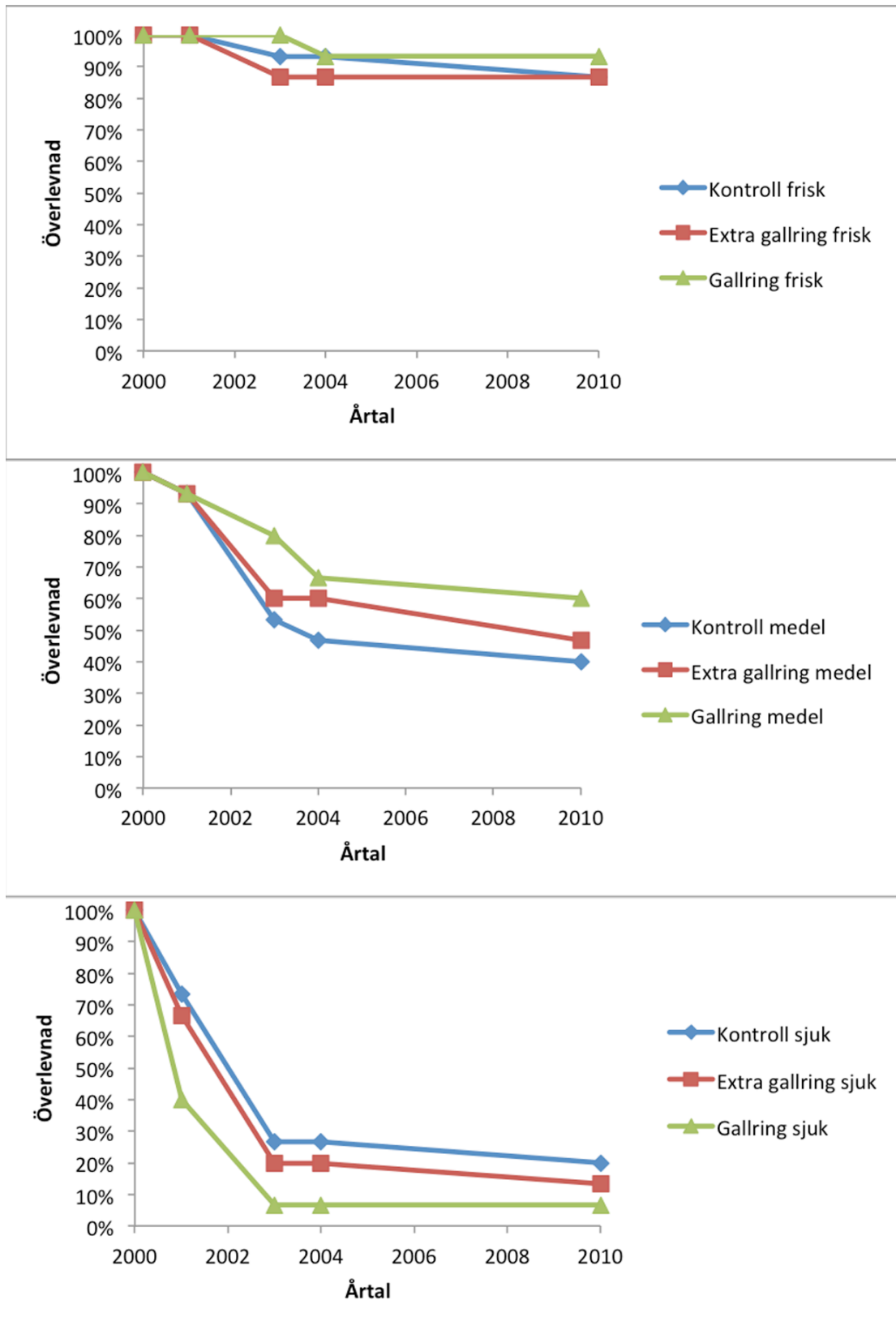
## Appendix



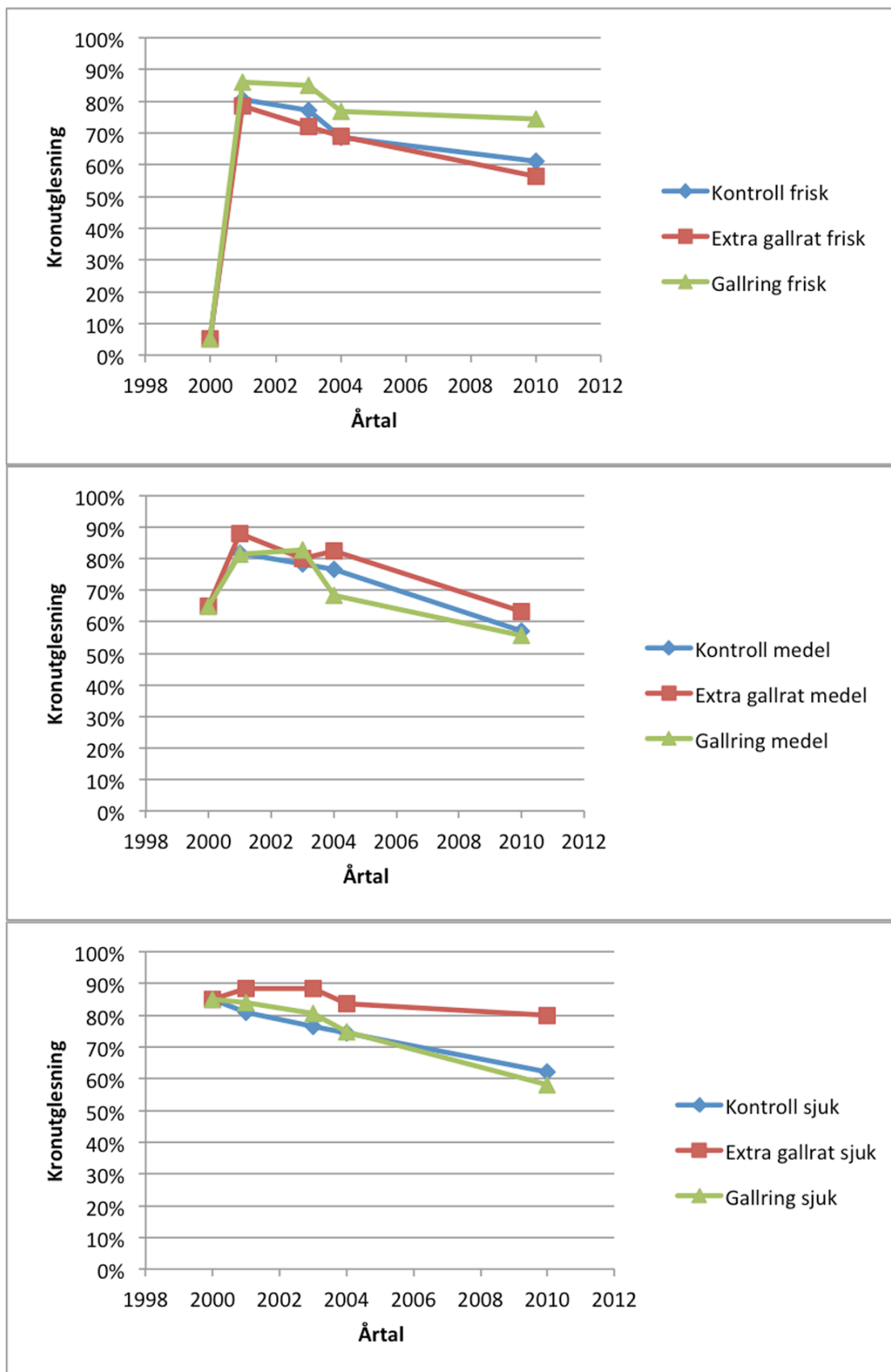
Figur 9. Överlevnad jämförs mellan olika skogliga åtgärder (gödsling, gallring och kontroll). Jämförelsen är gjord mellan träd i samma kronutglesningsklass. Försöken utförda på försöksytan i Bekens. Inga signifikanta skillnader kunde hittas.



Figur 10. Kronutglesning jämförs mellan olika skogliga åtgärder (gödsling, gallring och kontroll). Jämförelsen är gjord mellan träd i samma kronutglesningsklass. Försöken utförda på försöksytan i Bekens. Inga signifikanta skillnader kunde hittas.



Figur 11. Överlevnaden jämförs mellan olika skogliga åtgärder (extra kraftig gallring, gallring och kontroll). Jämförelsen är gjord mellan träd i samma kronutglesningsklass. Försöken utförda på försöksytan i Fagerberget. Inga signifikanta skillnader kunde hittas.



Figur 12. Kronutglesning jämförs mellan olika skogliga åtgärder (extra kraftig gallring, gallring och kontroll). Jämförelsen är gjord mellan träd i samma kronutglesningsklass. Försöken utförda på försöksytan i Fagerberget. Inga signifikanta skillnader kunde hittas.